

## Angewandte Mathematik und Mechanik

Verbindendes ins Bewußtsein zu rufen und uns auf Verbindliches in unserem gemeinsamen Tun zu besinnen, kann eine dankenswerte Aufgabe des Vorspruchs sein, mit dem die Schriftleitung alljährlich eine andere der an den Physikalischen Verhandlungen mitwirkenden Gesellschaften den neuen Jahrgang zu eröffnen bittet.

Die Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik (GAMM), kurz nach dem ersten Weltkrieg im Geiste der Bestrebungen *Felix Kleins* gegründet, hat noch bis zum Ausbruch des zweiten Weltkrieges ihre Jahrestagungen vorwiegend gemeinsam mit den Physikern veranstaltet („Deutscher Physiker- und Mathematikertag“). Erst nach ihrer Wiedergründung im Jahre 1950 gab sie dem längst vorhandenen Drange der fortschreitenden Ausweitung und Spezialisierung ihrer Fachgebiete nach, und seitdem veranstaltet sie ihre Tagungen ohne Anlehnung an umfassendere Veranstaltungen. Nur durch diesen Verzicht auf die alljährliche Begegnung mit dem weiten Kreis ihrer fachlichen Nachbarn konnte sie den Gewinn erkaufen, der in der steil angewachsenen Intensität ihrer Arbeit heute sichtbar wird. Mit einer Verdreifachung ihres Vorkriegs-Mitgliederstandes auf nahezu 1000 Mitglieder aus dem In- und Auslande und aus West und Ost hat sie angesichts der Flut von Vortragsanmeldungen aus ihren eigenen Reihen Mühe, bei einer vernünftig begrenzten Tagungsdauer ihre Jahrestagungen so zu gestalten, daß neben vielen Parallelsitzungen für Spezialvorträge ausreichende Gelegenheit zu allgemeinen, alle Teilnehmer zusammenführenden Vorträgen sowie zu besinnlicher Aussprache und zu persönlicher Begegnung gesichert bleibt. Sie hat, um dies zu erreichen, Fachausschüsse für zahlreiche aktuelle Einzelgebiete ins Leben gerufen, so etwa für Rechenanlagen, für mathematische Statistik, für Regelungsmathematik, für Rheologie u.a.m., die

außerhalb der Jahrestagungen Sondertagungen veranstalten. Indem so der Zusammenschluß der Vertreter der angewandten Mathematik und Mechanik vor weiterer Zersplitterung bewahrt blieb, konnte zugleich andererseits durch die Pflege der Verbindungen zu gleichgerichteten Fachausschüssen anderer Organisationen, insbesondere der Ingenieure, der Gesamtzusammenhang unserer Wissenschaften und ihrer industriellen Praxis erfreulich gefördert werden. Besonders intensiv widmet sich die GAMM der Nachwuchsfrage, insbesondere den Angelegenheiten der Diplom-Mathematiker.

Angesichts der Ausweitung und zunehmenden Verzweigung unseres Wissens auf den Gebieten der Natur- und Ingenieurwissenschaften ist es praktisch nicht mehr durchführbar, daß die Mathematik unter dem Dach einer Gesellschaft die Verbindung zu diesen Wissenschaften insgesamt ausreichend pflegt. Die angewandte Mathematik hat heute bereits Mühe, auch nur die Verbindung zu allen großen und kleinen Kindern ihrer „schönsten Tochter“, der Mechanik, in unserer heutigen GAMM zu pflegen. Die angewandte Mathematik selbst entwickelt, wie die Mechanik, ständig neue und bedeutsame Zweige. Gerade zahlreiche dieser neueren und neuesten Zweige können jedoch nicht ohne den innigsten Zusammenhang mit alten und neuen physikalischen, chemischen und ingenieurwissenschaftlichen Forschungsgebieten leben. Bei der Entwicklung programmgesteuerter elektronischer Rechenanlagen sehen wir abstrakte Mathematik, wie *Boolesche Algebra* und *Zweistufenlogik*, und die numerische Exekutive mit der Elektrotechnik in enger Zusammenarbeit. Die moderne mathematische Statistik stellt Verbindungen her nicht nur zu fast allen natur- und ingenieurwissenschaftlichen Arbeitsgebieten und zur industriellen Fertigung, sondern heute gehören auch Mediziner, Psychologen und Volkswirte zu den häufigsten Besuchern der mathematischen Institute. In den praktischen Berechnungsverfahren der Ingenieure erscheinen immer anspruchsvollere Mittel der Funktionalanalysis. Nichtlineare Mechanik, Regelungs- und Steuerungsprobleme, Plastizität, Rheologie, Grenzschichtforschung, Turbulenzforschung, Gasdynamik bis zu Hyperschall-Strömungen, Strömungen in stark verdünnten Gasen, „Aerothermochemie“, „Magnetohydrodynamik“ sind Beispiele aktuellster Gebiete der Grundlagenforschung in der heutigen Mechanik, und dabei schweigen wir ganz von den vielseitigen Fragen der Erdsatelliten und des Weltraumflugs, weil darüber ohnehin reichlich viel geredet wird. Zahlreiche der genannten Gebiete schlagen in ihren Problemstellungen vielfältige Brücken zu klassischen und modernen Gebieten der Physik und Chemie.

Es ist kein Vorwurf, sondern die Feststellung einer Tatsache, wenn an dieser Stelle bemerkt werden muß, daß die Physiker an unseren Hochschulen unter der starken Attraktion dessen, was sie allein noch „moderne“ Physik nennen, die „moderne“ Mechanik stiefmütterlich behandeln. Das ist nicht erst in neuester Zeit so geworden. Vielmehr ist es im Laufe einiger vergangener Jahrzehnte als Folge bereits zur Tradition, nicht nur in unserem Lande, geworden, daß die Mechanik in enger Verbindung mit der aufstrebenden angewandten Mathematik in Gesellschaften, Zeitschriften, Referatenorganen und Schriftenreihen, von denen nur wenige Vertreter der Physik Kenntnis nehmen, gepflegt wird. Die überaus starke und durchweg gegenseitige Befruchtung von Mathematik und Mechanik hat diesen Bund immer enger gestaltet und äußert sich allgemein erkennbar in den Erfolgen einer erstaunlich engen Tuchfühlung zwischen modernen Theorien der Mechanik und der Praxis des Ingenieurs. Man kann heute darüber diskutieren, ob sich dies nach dem Vorgange anderer Länder nicht auch im Unterricht an unseren Universitäten in einer engen Verbindung von angewandter Mathematik und Mechanik widerspiegeln sollte.



Ich habe die unzähligen Brücken angedeutet, welche die modernen Zweige der Mechanik neu zu allen Teilen der Physik geschlagen haben, und ich könnte hinzufügen, daß es immer weniger Wissenschaftler unter uns gibt, die hin und her über diese Brücken zu wandeln vermögen. Umso mehr werden wir in Zukunft aufeinander angewiesen sein und durch gemeinsame Forschungsprojekte erreichen müssen, was ein einzelner Kopf nicht mehr schafft. Die Zeit der stillen Studierstuben ist auch für uns auf weiten Gebieten der angewandten Mathematik und Mechanik vorüber. Schon seit längerem gilt dies für unsere Luftfahrtforschung. In neuester Zeit ist nicht nur die Kernphysik sondern auch in unserem Bereich das Gebiet der programmgesteuerten Maschinen und der Automatik überhaupt, mit politischen Akzenten belastet, in seinen wirtschaftlichen und sozialen Auswirkungen zu einer Angelegenheit des Bundestages und des Stimmenfanges der Parteien mit weltanschaulicher Untermauerung geworden. Nicht nur der Atomphysiker, auch der Mathematiker braucht heute Mittel in einer Höhe, die unsere Kultusminister und Länderregierungen verzweifelt zum großen Bruder in Bonn blicken lassen. Wo früher Bleistift und Radiergummi einsam einen Schreibtisch zierten und bestenfalls Avantgardisten unter den angewandten Mathematikern eine Rechenmaschine aufstellten, gilt heute eine Rechenanlage im Preise von 200 000,— DM als bescheidene Kleinanlage, und es müssen gegenwärtig Millionenbeträge bereitgestellt werden, um die mathematischen Institute unserer Hochschulen in die Lage zu versetzen, in letzter Minute den Anschluß an das internationale Rennen zu erreichen. Auch hier, wie in der Kernphysik, ist dies nicht eine Frage des nationalen Ehrgeizes sondern eine wissenschaftliche und eine wirtschaftliche Notwendigkeit angesichts der Zukunft, die auch in unserem Bereich „schon begonnen“ hat.

Albert Betz hat für unsere Luftfahrtforschung angesichts des ins Unsinnige anwachsenden Aufwandes bei den modernen Windkanälen kürzlich in Göttingen („Ludwig-Prandtl-Gedächtnis-Vorlesung“) auf den Zwang hingewiesen, sich in Zukunft weit mehr um den Ausbau der mathematischen Theorie zu bemühen in Verbindung mit relativ einfachen Modellversuchen. Der Anlaß war gut gewählt, bewundern wir doch gerade in Ludwig Prandtl († 1953) jenen Gelehrtentyp, der Nachdenken, Einfühlen, Anschauung und darauf aufbauende Entwicklung von Theorien allem voranstellte und als Ertrag mit bescheidensten experimentellen Mitteln Grundlegendes zu schaffen vermochte. Er — Maschinenbauer von Hause aus, wie er so oft betonte — las in den Gleichungen seiner mathematischen Mitarbeiter den physikalischen Sinn (oder Unsinn) unmittelbar heraus, sobald man ihm nur die Bedeutung der gewählten Symbole erläutert hatte. Mit seiner „Tragflügeltheorie“ wie mit seiner „Grenzschichttheorie“ schuf dieser „Maschinenbauer“ die Grundlagen für die Entwicklung der Hochleistungsflugzeuge — und für eine seit Jahrzehnten anhaltende Flut von mathematischen Publikationen in aller Welt, die wiederum in den Erfolgen der modernen Luftfahrt für jedermann sichtbar werden. Seine Grenzschichttheorie schuf er mit dem Bleistift des Mathematikers, mit der lebendigen Anschauung des Physikers für die Zusammenhänge, mit dem unmittelbaren Gefühl des Ingenieurs für die Größenordnungen — und mit einem kleinen Wasserkanal mit Handkurbelantrieb. Uns, seine Schüler, lehrte er, daß die beste Rechenmaschine der Hydrodynamik immer noch ein bescheidener Vorrat an Wasser sei.

Gewiß sind heute viele Fortschritte nur mit großem und größtem Aufwand erzielbar, aber wir sollten jene Vorbilder vom Typus eines Prandtl nicht aus dem Auge verlieren. Riesige Forschungsanlagen, in denen die Verbindungen von Institut zu Institut mit fahrplanmäßigem Omnibusverkehr aufrechterhalten werden, können erhebliche Fortschritte zuwege bringen —

und haben es getan — aber auch einen geradezu erstaunlichen Leerlauf erzeugen — und haben es getan. Vorerst sind wir in unserem Lande nicht mit Forschungsbetrieben dieser Größenordnung gesegnet, aber im Grunde kommt es auf die Größenordnung nicht an. Bereits als Handkurbel-Rechenmaschinen ihren Einzug in unsere Institute nahmen, konnte man beobachten, wie nicht nur die jüngsten Mitarbeiter sich im Zahlenrausch des Kurbels verlieren und das Nachdenken einstellen konnten.

Unser Nachwuchs schaut, auch bereits in der angewandten Mathematik, auf eine steil anwachsende Nachfrage nach gewissen Spezialisten. Das Wirtschaftswunder hat die Massen unserer Werkstudenten noch nicht erreicht, aber umso verlockender winkt dem akademischen Straßenbahnaushilfsschaffner, der unsere Institute bevölkert, die schon begonnene *Jungksche Zukunft* [Robert Jungk: Die Zukunft hat schon begonnen. Scherz u. Goverts Verlag, Stuttgart u. Hamburg]. Willig lassen sie sich von uns mit einer immer nur wachsenden Fülle an Fachwissen füttern und mit entsprechenden Denkhemmungen ins Leben entlassen. Unsere Prüfungsordnungen bleiben invariant gegenüber der Ausweitung und Verzweigung der einst dort aufgenommenen Fächer, und dazu kommen neue Fächer, über die gelesen, also auch geprüft wird.

Denken wir an die Meister unter unseren Lehrern, wie *Prandtl* einer war. Er erzog seine Schüler zum Nachdenken, wie er selbst in dem zögernden und vorsichtigen Vortrag seiner Vorlesungen jeden Schritt von neuem durchdachte. Setzen wir unsere Studierenden nicht unter den Druck immer wachsender Anforderungen an Fachwissen, sondern leiten wir sie heute umsomehr zum selbständigen Nachdenken hin und zur Liebe zur Einfachheit der Methode und der Mittel. Wappnen wir sie gegen eine Flucht in die aufwändige Apparatur und in die Geschäftigkeit des Großbetriebes. Wir verfügen auch heute noch über ein reiches Potential an echten wissenschaftlichen Köpfen. Hier liegt unsere Zukunft.

Freiburg i. Br., im März 1957

*Henry Görtler*

Vorsitzender der Gesellschaft für Angewandte  
Mathematik und Mechanik



## Physikalische Gesellschaft zu Berlin

SITZUNG AM 12. OKTOBER 1956

L. VON BERTALANFFY (Mt. Sinai Hosp. und Univ. of. Southern California, Los Angeles): *Neue Wege der Biophysik: Offene Systeme und Regelmechanismen.*

Die konventionelle physikalische Theorie (Kinetik und Thermodynamik) beschäftigt sich mit geschlossenen Systemen, d. h. solchen, die keine Materie mit ihrer Umgebung austauschen. Erst in jüngerer Zeit wurde, z. T. durch die Arbeit des Vortragenden, eine Theorie offener Systeme entwickelt. Diese ist von besonderer Bedeutung für die Biophysik, weil lebende Organismen definitionsmäßig offene Systeme sind. Die Theorie offener Systeme bedeutet eine Erweiterung und Verallgemeinerung, in der die konventionelle Theorie geschlossener Systeme einen Grenzfall darstellt. Kinetisch sind offene Systeme charakterisiert durch Einstellung eines sog. Fließgleichgewichts (im Gegensatz zum echten Gleichgewicht geschlossener Systeme), durch Anpassung an Störungen von außen, durch Äquifinalität, d. h. Unabhängigkeit des Endzustands (Fließgleichgewichts) von den Anfangsbedingungen, durch Erscheinungen des falschen Starts und Übers-Ziel-Schießen usf. Biophysikalische Anwendungen der Theorie sind z. B. die Berechnung der Umsatzgeschwindigkeit der Körperproteine auf Grund von Isotopenversuchen, die Berechnung des Energieaufwandes zur Erhaltung des Fließgleichgewichts des Organismus, eine vom Vortragenden entwickelte Theorie des tierischen Wachstums. Die Thermodynamik offener Systeme ist Teil der als Irreversible Thermodynamik bekannten, modernen Verallgemeinerung der Theorie. Im Gegensatz zu geschlossenen Systemen, die nach dem 2. Hauptsatz maximaler Entropie und Unordnung zugehen müssen, können offene Systeme sich im Fließgleichgewicht auf einem konstanten Entropieniveau und Ordnungsgrad erhalten, oder sogar zu Zuständen höherer Ordnung übergehen. Neben der Anwendung der Theorie offener Systeme auf Probleme in verschiedenen Gebieten der Biologie, liegt deren Bedeutung darin, daß früher als vitalistisch angesehene Kennzeichen des lebenden

Organismus, wie z. B. die Äquifinalität biologischer Erscheinungen, der anscheinende Widerspruch zwischen Entropie in der Physik und Evolution in der Biologie, sich einer verallgemeinerten physikalischen Theorie einordnen. Eine andersartige Modellvorstellung ist die der Regelmechanismen (Homöostasis, *feedback*, Kybernetik u. dgl.). Bedeutung und Grenzen dieser maschinenartigen Regulationen im Organismus (im Gegensatz zur dynamischen Wechselwirkung innerhalb offener Systeme) wurden vom Vortr. besprochen.

[L. von Bertalanffy, Biophysik des Fließgleichgewichts. Übers. von W. H. Westphal. Vieweg, 1953.]

#### SITZUNG AM 26. OKTOBER 1956

D. LABS (Landessternwarte, Heidelberg-Königsstuhl): *Die kontinuierliche Strahlung der Sonnenphotosphäre.*

Der Vortrag gab eine zusammenfassende Darstellung über die neueren Vorstellungen vom Aufbau und im besonderen von den Strahlungsverhältnissen der äußeren Schichten der Sonnenphotosphäre.

#### SITZUNG AM 16. NOVEMBER 1956

H. SCHEFFERS (Berlin): *Über die Bestimmung der freien Weglänge der Leitungselektronen aus galvanomagnetischen Effekten.*

Der Vortragende gab zunächst eine einleitende Übersicht über den Begriff der mittleren freien Weglänge der Leitungselektronen bei der Elektrizitätsleitung in Metallen und beschrieb die bisherigen experimentellen Methoden zu ihrer Bestimmung, insbesondere den Dickeneffekt (*Eucken* und *Förster*) und den anomalen Skineffekt (*Reuter* und *Sondheimer*, *Chambers*). Eine weitere Methode ist die Messung der Widerstandsänderung im transversalen Magnetfeld oder die Messung der *Hall*-Konstante bei sehr tiefen Temperaturen. Für den ersten Fall wird auf einfache Art eine Formel abgeleitet, die sich als eine spezielle Form der bekannten und bestätigten „*Kohlerschen Regel*“ erweist, aber für reine einwertige Metalle einen bestimmten Ausdruck für eine bei Kohler im allgemeinen unbestimmt bleibende Konstante liefert. Die Anwendung auf entsprechende Experimente bei Au, Ag und Cu gibt für die mittleren freien Weglängen und die Elektronendichten Werte, die mit denen nach dem Dickeneffekt gut und mit denen nach dem anomalen Skineffekt angenähert übereinstimmen. Insbesondere folgt, daß man stets ein Leitungselektron pro Atom hat. Für die *Hall*-Konstante ergibt sich ebenfalls ein Ausdruck wie bei Kohler, der nur bei Annahme eines Leitungselektrons pro Atom genügend mit den Messungen übereinstimmt. Es wurde erklärt, weshalb der anomale Skineffekt ungenauere Resultate lieferte.

#### SITZUNG AM 18. JANUAR 1957

R. HOSEMANN (Fritz-Haber-Institut der MPG, Berlin-Dahlem): *Quantentheorie spinfreier Teilchen.*

Alle Gleichungssysteme, Operatorenformalismen und die aus ihnen berechneten Observablen eines Großzahlversuches, die in der heutigen Quantentheorie spinfreier Teilchen Anwendung finden, lassen sich aus 4 durch ganz einfache Gleichungen definierten Prinzipien für gewisse Entartungsfälle der Wellenfelder deduzieren [R. Hosemann, S.N. Bagchi, Z. PHYS. 142, 334, 347 u. 365, 1955]. Es werden damit die Gültigkeitsgrenzen der heutigen Quantenmechanik spinfreier Teilchen gefunden. Die vier Prinzipien sind:



1. das Relativitätsprinzip der speziellen Relativitätstheorie in seiner von *Einstein* und *Minkowski* gegebenen Form;
2. Das Energieprinzip für eine mikrophysikalische Strömungsdichte innerhalb der Führungswelle eines Teilchens;
3. Das Massenpunktprinzip. Die Ruhmasse einer Korpuskel ist nicht konstant, sondern hängt von der raumzeitlichen Krümmung der Amplitude der Führungswelle ab;
4. Das Pilotprinzip in einer ähnlichen, aus der *de Broglieschen* ondepilote-Theorie bekannten Form.

Die Entartungsfälle des Wellenfeldes sind definiert durch:

- a) die sog. *Hamilton*-Bedingung. Nur dann gilt die klassische Mechanik. In diesem strahlenoptischen Fall sind Beugungseffekte der Führungswelle vernachlässigbar.
- b) die sog. *Schrödinger*-Bedingung. Der Vierergradient der Wellenfeldamplitude steht identisch in Raum und Zeit pseudoorthogonal auf dem Viererpotential des äußeren Kraftfeldes. Nur dann haben die *Schrödingerschen* Gleichungssysteme Gültigkeit.
- c) die sog. *Heisenberg*-Bedingung. Nur dann gilt die *Heisenbergsche* Unschärferelation und ein Teil der quantenmechanischen Operatoren. In Nähe von Atomkernen wird diese Bedingung aber ungültig und die Prinzipien der neuen Theorie liefern neuartige Gleichungen für Wellenfeldgröße, Amplitude und Phase.

In der Elektronenschalenphysik ist die *Heisenberg*-Bedingung praktisch ausreichend erfüllt. Für Wellenfelder, die nicht vom *Schrödinger*-Typ sind, wird der Existenzbeweis erbracht. Diese Wellenfelder haben eine hohe mikrophysikalische Bedeutung. Dagegen tritt in Kernnähe eine starke sog. Beugungskraft auf, die nichts anderes als die Kraft zwischen den Kernnukleonen ist. Deren Ruhmasse ändert sich merklich, die entsprechende Ruhmassenenergie geht quantitativ ins Führungswellenfeld. Die Korpuskeln werden sozusagen „flüssig“. Die 4 Prinzipien haben eine hohe mikrophysikalische Bedeutung und stellen bis auf das Relativitätsprinzip Nahewirkungsgesetze zwischen der Korpuskel und dem sie umgebenden Wellenfeld dar.

## SITZUNG AM 22. FEBRUAR 1957

Dem Gedenken an *Heinrich Hertz* (\* 22. 2. 1857; † 1. 1. 1894)

Der Vorsitzende, *M. v. Laue*, berichtete einleitend über die zahlreichen *Hertz*-Feiern in anderen deutschen Städten (Hamburg, Karlsruhe, Bonn, Darmstadt) und über die beiden gleichzeitigen Feiern in Berlin, von denen die andere veranstaltet war von der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin gemeinsam mit der Physikalischen Gesellschaft in der Deutschen Demokratischen Republik. Er wies darauf hin, daß *Hertz* im jetzt leider zerstörten Physikalischen Institut der *Friedrich-Wilhelms*-Universität Berlin als blutjunger Student unter der Leitung von *H. Helmholtz* an seine ersten physikalischen Forschungsarbeiten kam, die später zu seiner wesentlichsten Entdeckung, die der elektrischen Wellen, führten. Er begrüßte sodann als Gäste Herrn *Johannes Hertz*, einen Großneffen von *Heinrich Hertz*, der sich auch den Beruf eines Physikers erwählt hat, außerdem Monsieur *Bayen*, le Recteur d'Academie Paris, Monsieur *Lutz* von der französischen Botschaft in Mainz, Monsieur *Neurohr*, le Directeur de l'Institut Français de Berlin, Mister *Michael Weyl* von der United States Mission und, als Vertreter des Präsidenten *Vieweg* von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, Herrn *Kußmann*, Berlin.



An die beiden in Cambridge (England) lebenden Töchter von *H. Hertz*, Dr. *Johanna Hertz* und Dr. *Mathilde Hertz*, richtete die Versammlung ein Telegramm: „Die Physikalische Gesellschaft zu Berlin gedenkt heute, am 100 ten Geburtstag von *Heinrich Hertz*, seiner Entdeckungen, die für alle Zeiten zu den Grundlagen der Physik gehören. Sie entbietet dabei seinen Töchtern einen herzlichen Gruß. Die Vorsitzenden *M. v. Laue* u. *F. Werner*.“

Zum eigentlichen Thema übergehend, schilderte der Vortragende nach einer kurzen Biographie von *H. Hertz* die Lage der Elektrodynamik, wie sie *Clerk Maxwell* bei seinem Tode 1879 zurückgelassen hatte. Die Frage der endlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Wirkungen, der Anteil der Dielektrika an dieser Ausbreitung, stand damals im Vordergrund des Interesses. *Hertz* wurde noch besonders durch eine Preisaufgabe der Preussischen Akademie der Wissenschaften darauf hingewiesen. Aber erst die Zufallsbeobachtung von „Nebenfunkn“ gab ihm das Mittel in die Hand, Schwingungen von besonders hoher Schwingungszahl nachzuweisen. Durch systematische Ausnutzung dieses Mittels konnte er dann u. a. Interferenzerscheinungen entdecken, welche den Wellencharakter dieser Schwingungen im Raum unzweideutig dokumentierten. Damit war auch dargetan, daß das Licht in elektrischen Wellen besteht. Auch die Entdeckung elektrischer Eigenschaften beim sichtbaren Licht gelang *Hertz*, nämlich beim lichtelektrischen Effekt. Schließlich war die Durchlässigkeit der Materie für Kathodenstrahlen die dritte seiner großen Entdeckungen. Dazu kamen zwei grundlegende theoretische Veröffentlichungen: Die Elektrodynamik der ruhenden und die der bewegten Körper. Erst in diesen bekamen die *Maxwellschen* Gleichungen jene symmetrische und geradezu ästhetisch schöne Gestalt, welche die Elektrodynamik zu einem architektonisch vollendeten Gebäude macht.

Danach sprach Herr *R. Honerjäger* über Anwendungen der Hertz-schen Wellen in der Physik.

*Max von Laue*

*R. HONERJÄGER* (II. Phys. Inst. d. Fr. Univ., Berlin-Dahlem): *Anwendungen der Hertz'schen Wellen in der Physik.*

Der historisch älteste Themenkreis, der unter Anwendung Hertz'scher Wellen in der reinen Physik bearbeitet wurde, behandelt die anomale Dispersion polarer Flüssigkeiten im Bereiche der kurzen elektrischen Wellen. *Debyes* Theorie ist in einer großen Zahl experimenteller Arbeiten geprüft worden. Am Physikalischen Institut der *Friedrich-Wilhelms-Universität* Berlin versuchten *Klumb*, *Betz* u. a. die Feinstrukturaufspaltung des Wasserstoffatoms im ersten angeregten Zustand unmittelbar durch Absorption von Hertz'schen Wellen nachzuweisen. Diese frühen — wenn auch erfolglosen — Versuche wurden ein Jahrzehnt später durch das berühmte Experiment von *Lamb* und *Retherford* gekrönt. Es lieferte einen ersten experimentellen Beweis für die Richtigkeit der modernen Quantenelektrodynamik. *Cleeton* und *Williams* maßen die selektive Absorption Hertz'scher Wellen im Ammoniakgas und begründeten die spätere „Mikrowellenspektroskopie“.

Es zeugt von der Aktualität und Fruchtbarkeit der Hertz'schen Entdeckung, daß das Arbeiten mit Hertz'schen Wellen im vergangenen Jahrzehnt ein ungeahnte Renaissance erlebte. Die Gasspektroskopie mit kurzen elektrischen Wellen lieferte Molekeldaten mit bisher nicht gekannter Genauigkeit; die Hyperfeinstruktur der Spektren ermöglichte die erstmalige Bestimmung einer größeren Zahl von Kernmomenten. Übergänge zwischen den *Zeeman*-Termen von paramagnetischen Ionen im festen Körper fallen in den Bereich der Hertz'schen Wellen. Sie erscheinen als Linienspektren und geben Auskunft über das innere kristallelektrische Feld von Ionenkristallen.



## Arbeitstagung über Polarisation des Himmelslichtes in Mainz

Deutsche Meteorologische Gesellschaft

Die Polarisation des Himmelslichtes ist in den letzten Jahren entscheidend gefördert worden durch die theoretischen Entwicklungen von *Chandrasekhar* und durch die numerischen Berechnungen, die vom gleichen Autor und von *Z. Sekera* daran angeschlossen worden sind. Es lag der Gedanke nahe, die Anwesenheit von Prof. *Sekera* in Mainz auszunutzen, um die wenigen Fachleute, die sich in Europa zurzeit mit diesem Problem beschäftigen, zu einer Arbeitstagung zusammenzurufen, auf der über Theorie und Messung der Polarisation sowie über Streuung des Lichtes im atmosphärischen Aerosol diskutiert werden sollte. So kam eine zweitägige Sitzung am Meteorologisch-Geophysikalischen Institut der Universität Mainz am 22. und 23. Januar 1957 zustande, bei der 12 Gäste von außerhalb begrüßt werden konnten. Sehr ausgedehnte Diskussionen zeigten noch mehr als die Vorträge, die im folgenden referiert sind, den Wert dieser Zusammenkunft.

F. Möller, Mainz

*Z. SEKERA* (Dep. of Meteorol., Univ. of Calif., Los Angeles): *Theorie und Messung der Himmelspolarisation und deren Anwendung auf die Untersuchung der atmosphärischen Trübung.*

*Chandrasekhar* ist es erstmalig gelungen, eine Methode zu entwickeln, die es erlaubt, die Intensität und Polarisation des Himmelslichtes zu berechnen unter Berücksichtigung aller höheren Ordnungen der Mehrfachstreuung. Das wurde ermöglicht durch die Kennzeichnung des Polarisationszustandes vermittlels der von *Stokes* (1852) eingeführten Parameter und durch eine zweckmäßige Reduktion der Integro-Differentialgleichungen der Strahlungsübertragung in einer planparallelen *Rayleigh*-Atmosphäre. *Chandra*

*sekhars* Verfahren wurde zur Berechnung des Polarisationsgrades im Sonnenvertikal verwendet [Z. Sekera, „Polarization of Skylight“, Hdb. d. Physik Bd. 48, S. 288—328 (im Druck) Springer, Berlin], was mit Ergebnissen von Polarisationsmessungen in schmalen Spektralbereichen verglichen werden kann. Zur Gewinnung solcher Messungen wurde ein automatisches photoelektrisches Polarimeter konstruiert, welches gestattet, rasch nacheinander die Verteilung der Intensität und des Polarisationsgrades im Sonnenvertikal in 6 verschiedenen Spektralbereichen vom Ultraviolett bis zum nahen Infrarot zu messen. Die Lage der neutralen Punkte von *Babinet*, *Brewster* und *Arago* kann ebenfalls leicht auf  $\pm 0,3^\circ$  genau gemessen werden. [Z. Sekera, „Recent Development in the Study of the Polarization of Skylight“, *Advances in Geophysics*, Vol. III, S. 43—104 (im Druck) Academic Press New York].

Die an verschiedenen Orten und unter verschiedenen Trübungsbedingungen durchgeführten Messungen zeigen eine gute Übereinstimmung mit der Theorie im ultravioletten Teil des Spektrums. Die Abweichung von der Theorie wächst vom Blauen zum Roten und geht bis zu 60 % des theoretischen Wertes. Der tägliche Gang dieser Abweichungen sowie ihre Korrelation mit der Sicht und der Trübung weist auf das stark veränderliche atmosphärische Aerosol als Ursprung hin. Das kennzeichnende Verhalten dieser Abweichungen kann qualitativ auf Grund der Theorie der Lichtstreuung in einer trüben Atmosphäre erklärt werden. Die quantitative Analyse dieser Abweichung kann dagegen noch nicht mit Erfolg durchgeführt werden, weil die genaue Kenntnis der Streuungseigentümlichkeiten, insbesondere der *Stokesschen* Parameter, für das an großen Kugelteilchen gestreute Licht noch fehlt.

Der Vergleich der theoretischen Werte mit den Meßergebnissen gibt die endgültige Antwort auf die Kontroverse, ob die Mehrfachstreuung in der reinen Atmosphäre oder die Streuung an den Aerosolpartikeln der maßgebende Vorgang ist. Beide Effekte sind gleich wichtig; jedoch spielt die Vielfachstreuung die wichtigere Rolle für die Polarisation im ultravioletten Teil des Spektrums, während die Aerosolstreuung die Polarisation im roten Spektralbereich bestimmt und in der Hauptsache für die Abweichungen der beobachteten Werte von den theoretischen verantwortlich ist, die aus der Theorie der Strahlungsübertragung in einer planparallelen Atmosphäre mit lediglich molekularer Streuung abgeleitet werden.

G. DIETZE (Strahlungsforschungsstelle, Gotha): *Die Himmelslicht-Polarisation. Meßergebnisse, Beiträge zur Meßtechnik und zur Theorie.*

So wie jede Messung oder Beobachtung einer atmosphärisch-optischen Erscheinung Rückschlüsse auf Zustand oder Eigenschaften der Atmosphäre erlaubt, ist es insbesondere möglich, aus den Polarisationsverhältnissen des Himmelslichts Aussagen über das nach Art, Menge, Größe und Verteilung wechselnde Aerosol der freien Atmosphäre zu gewinnen. Einer solchen „polarimetrischen Analyse des Aerosols“ sollen verschiedene theoretische Arbeiten und meßtechnische Verbesserungen den Weg ebnen.

Für eine Modellatmosphäre läßt sich eine Beziehung zwischen dem meßbaren Polarisationsgrad und den optischen Eigenschaften des Aerosols analytisch darstellen. [G. Dietze, „Die Polarisation des Himmelslichts in der getrüben Atmosphäre“, ABH. MET. HYDRODYN., DDR, Nr. 28, 1954].

Mit Hilfe von Ergebnissen der *Mie*-Theorie wird der Einfluß der Größenverteilung des Aerosols untersucht. [G. Dietze, „Größenverteilung des atmosphärischen Aerosols und Himmelslicht-Polarisation“, Z. METEOROL.,



im Druck]. Vergleiche mit den in Gotha seit 1948 gemessenen Polarisationswerten bestätigen die Potenzfunktions-Größenverteilung (*Junge*) als häufigste. Alterung des Aerosols führt zu charakteristischen Änderungen der Himmelslicht-Polarisation. Unnormale Polarisationverhältnisse lassen sich durch besondere Größenverteilungen erklären.

Aus der statistischen Bearbeitung der 2700 Meßserien umfassenden Gothaer Polarisationsmeßreihe, besonders aus den spektralen Polarisationsunterschieden, lassen sich die Wirkungen verschiedener meteorologischer Faktoren erkennen.

Ein neues lichtelektrisches Polarimeter gibt ohne weitere Umrechnung den Polarisationsgrad an und gestattet kurzzeitige Messungen am gesamten Himmelsgewölbe und in engen Spektralbereichen. Für Messungen in der Dämmerung und nachts wurde ein weiteres lichtelektrisches Instrument gebaut.

Die umfassendste Bestimmung des Aerosols ist zu erwarten, wenn alle geeigneten atmosphärisch-optischen Methoden zugleich angewandt werden, wenn also die „polarimetrische Analyse des Aerosols“ Teil einer allgemeinen „optischen Analyse des Aerosols“ wird.

*K. BULLRICH und F. VOLZ (Meteorol.-Geophys. Inst. Maiz): Messungen der spektralen Winkelabhängigkeit der Polarisation von Rauchen. (Vorgetr. von F. Volz)*

Es wurde in einem mit relativ wenig Rauch erfüllten Laborraum die Helligkeit eines um einen festen Punkt schwenkbaren Scheinwerferstrahls (Projektionslampe mit 30 W-Glühlampe) mittels eines Photometers gemessen. Am Photometer waren eine drehbare Polarisationsfolie und Absorptionsfilter (Rot, Grün und Blau mit  $\lambda_{\text{eff}} = 0,63, 0,54$  und  $0,45 \mu$ ) angebracht; als Empfänger diente ein Sekundärelektronen-Vervielfacher. Es konnte im Streuwinkelbereich von  $\varphi = 10^\circ$  (Vorwärtsstreuung) bis  $170^\circ$  gemessen werden. Während der SEV keine Polarisierungseffekte zeigte, war das Glühlampen- und Scheinwerferlicht zu 5 % polarisiert; die Messungen wurden entsprechend korrigiert.

Bei Zigarettenrauch und  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -Nebeln, deren Teilchenradius sich aus spektralen Extinktionsmessungen und der Streufunktion zu etwa  $0,2 \mu$  ergab, ist die Polarisation in Rot bis etwa  $\varphi = 120^\circ$  positiv ( $P_{\text{max}} \approx 15\%$  bei  $\varphi = 70^\circ$ ), dann negativ; in Blau beginnt die negative Polarisation schon bei  $\varphi = 20^\circ$  und erreicht  $-30\%$  im Streuwinkelbereich von  $120^\circ$  bis  $160^\circ$ , zum Teil unter starken Schwankungen. Nebelteilchen mit ca.  $0,3 \mu$  Radius ergaben für  $\varphi > 30^\circ$  negative Polarisation, es bestand kein Gang mit der Wellenlänge. Die Ergebnisse stimmen ziemlich gut mit Berechnungen nach der Mieschen Theorie überein, nach welchen Aerosolanalysen durch Polarisationsmessungen im Bereich  $r/\lambda \approx 0,3$  besonders günstig erscheinen.—

Die Untersuchungen dienten als Vorarbeiten zur Messung der Polarisation von Dunst und Nebel.

*H. SIEDENTOPF und H. WALTER (Astron. Inst. Tübingen): Rückwärtsstreuung des Lichtes an Wassertröpfchen und Theorie der Glorien. (Vorgetr. von H. Walter)*

Auf Grund neuer Berechnungen der Streufunktionen nach der Mieschen Theorie für  $m = 1,33$  und  $\alpha = 2\pi r/\lambda \leq 250$  wurden die von Bucerius und van de Hulst entwickelten Näherungsverfahren diskutiert. Als Anwendung wurden zunächst die ringförmigen Aufhellungen bei Wolkenglorien be-

trachtet und auf die starke Polarisierung in der Aufhellung hingewiesen. Das benutzte Modell setzte Wassertropfen mit Radien um  $5\mu$  voraus. Zur Deutung des Helligkeitsverlaufs in Dunstglorien mußte eine Tropfenverteilung proportional  $r^{-3}$  angenommen und über einen weiten Bereich der Tropfenradien gemittelt werden. Dabei ergab sich ein Helligkeitsmaximum im Gegenpunkt der Sonne und ein Polarisierungsgrad von nur wenigen Prozenten. Auf die optische Deutung des Gegenscheins im Zodiakallicht durch Rückwärtsstreuung des Lichtes an dem Partikelgemisch der interplanetaren Materie wurde hingewiesen.

*F. LINK (Sternwarte, Akad. Wiss., Prag): Meteorische Einflüsse auf die Lichtstreuung in der Atmosphäre.*

Unsere Atmosphäre erhält kontinuierlich  $m_0 = 5 \times 10^{-13}$  gr/cm<sup>2</sup>sec Meteor materie, die in Form der feinen Teilchen langsam von der Bremshöhe in etwa 100 km zur Erdoberfläche fallen.

In dieser Weise entsteht in Wirklichkeit eine Staubschicht von einer Dicke von etwa 100 km, die sich durch verschiedene optische Erscheinungen äußert. Ihre optische Dicke im Zenit wird durch

$$\Delta = m_0 k(a) T$$

gegeben. Darin sind  $T$  die Falldauer der Teilchen und  $k(a)$  der Greenstein'sche Absorptionskoeffizient, eine Funktion des Teilchenhalbmessers  $a$ . Die optische Dicke  $\Delta$  kann als restliche Absorption der wirklichen gegen die Rayleigh-Atmosphäre bestimmt werden. Nach den Messungen der Smithsonian Institution bis in Höhen von 2700 m ergibt sich an den besten und klarsten Tagen  $\Delta = 0,003$  bis  $0,005$ , und zwar unabhängig von der Wellenlänge zwischen 3500 und 16000 Å. Auch Beobachtungen von Mondfinsternissen führen zu ähnlichen Werten der Absorption; bei diesen Erscheinungen äußert sich die Staubschicht durch die Schattenvergrößerung von etwa 2% des Erdradius, d. h. etwa 120 km.

Die Falldauer  $T$  kann aus der Variation der Helligkeit der Mondfinsternisse oder aus der Variation der Transmissionskoeffizienten der Atmosphäre nach dem Maximum der großen Meteorströme ermittelt werden. Man findet in dieser Weise  $T = 1$  bis 3 Monate. Die Verzögerung der Bowenschen Weltregen ergibt auch  $T = 1$  Monat. Um die beobachtete Dicke  $\Delta$  nach obiger Gleichung zu erzielen, muß der Zufluß  $m_0$  in der Nähe von  $5 \times 10^{-13}$  gr/cm<sup>2</sup>sec liegen, was mit dem beobachteten Wert  $5 \times 10^{-14}$  viel besser stimmt als der früher nach visuellen Meteorbeobachtungen bestimmte Zufluß  $10^{-17}$  bis  $10^{-18}$ . Die Partikelgröße ergibt sich zu  $a = 2\mu$ , steht also im Einklang mit der Neutralität der Absorption, die über  $0,5\mu$  aufhört.

[MEM.SOC. R. Liège, Sér. IV, tome 15/1955; BULL. ASTRON. INST. CZECH. 7, 69, 1956]

*A. ARNULF, J. BRICARD und C. VERET (Inst. de Phys. du Globe, Paris): Messung der optischen Nebeldichte im sichtbaren Spektrum durch Sichtkontraste. Vergleich mit Ergebnissen direkter Messungen. (Vorgetr. von J. Bricard)*

In einer früheren Arbeit wurde ein im wesentlichen aus einem Spektrographen bestehendes Gerät beschrieben, das ermöglichte, direkt die Durchlässigkeit und damit die optische Dichte der Atmosphäre zu messen [REV. OPTIQUE, 33, 658, 1954]. In vorliegender Arbeit sollen die Ergebnisse die-



ses Verfahrens mit gleichzeitigen Messungen nach der Methode der Sichtkontraste [KOSCHMIEDER, BEITR. PHYS. FREI. ATM. 12, 33 und 171, 1924] verglichen werden.

Das Beobachtungsgerät hierzu besteht aus einem Photometer (Nitometer) nach *Jobin* und *Yvon* mit Fernrohrbeobachtung, das auf einem justierbaren Stativ montiert ist. Der Zielpunkt (Mire) ist ein Hohlkörper, dessen Inneres mit schwarzem Velourpapier ausgekleidet ist, um diffuse Reflexion zu verhindern; seine Dimensionen sind größer als die des Photometerfeldes des Gerätes. Die fünf benutzten Miren wurden in Abständen zwischen 35 und 50 m aufgestellt.

Diese Miren heben sich vom Horizontthimmel ab. Die Messung bestand aus der Einstellung der Helligkeitsgleichheit und der zwei im Nitometer beobachteten Felder, wobei nacheinander eine Mire und der Horizontthimmel eingestellt wurden und zwar für zwei verschiedene Felder; das eine Feld dient als Vergleichsfeld und das andere ist auf den Horizontthimmel bzw. auf die Mire eingestellt. Ein schwach farbiges Filter im Vergleichsstrahlengang erleichterte die Feststellung der Helligkeitsgleichheit.

Es ergibt sich eine gute Übereinstimmung der nach dieser und der spektrographischen Methode berechneten optischen Dichte der Atmosphäre. Im Gegensatz zu den Vermutungen verschiedener Autoren [vergl. die Diskussion bei *Middleton*, „Vision through the Atmosphere“, Univ. of Toronto Press, 1952] ist der analytische Ausdruck des Extinktionskoeffizienten, der auf der *Koschmiederschen* Beziehung beruht, zumindest im Sichtbaren, wo man die Absorption der Tröpfchen vernachlässigen kann, gleich demjenigen, der sich nach *Stratton*, *Houghton* und *Chalker* berechnen läßt. Andererseits ist der Extinktionskoeffizient im Sichtbaren für Partikel, die im Vergleich zur Wellenlänge groß sind, unabhängig von der Wellenlänge und ergibt sich aus

$$k = 2\pi \sum N_i R_i^2,$$

wo  $N_i$  und  $R_i$  die Größenverteilung der Teilchen beschreiben. Zum Teil bestätigt dies die Annahmen von *Aufm Kampe* und *Weickmann* [J. METEOROL. 9, 167, 1952], nach denen die *Trabertsche* Beziehung, die die Sichtweite  $V$  in einem Nebel gegebener Zusammensetzung zu berechnen erlaubt, ersetzt werden darf durch

$$V = \frac{1}{2\pi \sum N_i R_i^2} \frac{\log 1/\varepsilon}{\log e},$$

wobei  $\varepsilon$  die Kontrastschwelle des Auges bedeutet.

A. ARNULF, J. BRICARD, R. BURTIN und C. VERET (Inst. de Phys. du Globe, Paris): *Beschreibung eines Gerätes zur Mikrophotographie der in Luft befindlichen Nebeltröpfchen.* (Vorgetr. von J. Bricard)

Der Apparat besteht aus einem Mikroskop, das sich im Nebel befindet, der von einer modulierten intensiven Lichtquelle beleuchtet wird; man photographiert unmittelbar die im Gesichtsfeld befindlichen Teilchen. Die Tröpfchen werden durch einen gleichmäßigen, um  $60^\circ$  zur Mikroskopachse geneigten Luftstrom hereingetragen; die Mikroskopachse steht senkrecht zur Achse der Beleuchtungseinrichtung (seitliche Beleuchtung).

Es läßt sich rechnerisch zeigen, daß ein Tröpfchen, das von einem konvergenten Lichtbündel beleuchtet ist, zwei deutliche helle Lichtscheibchen als Bilder liefert; der eine entspricht dem an der Oberfläche reflektierten Licht, der andere wird nach 2 Reflexionen durchgelassen. Der Abstand der

Scheibchen kann leicht aus dem Öffnungswinkel des beleuchtenden Lichtbündels als Funktion des Teilchenradius berechnet werden. Die Messung dieser Scheibchenpaare erlaubt die Größenverteilung des Nebels im Relativmaß auszuwerten.

Da sich die Tröpfchen im Gesichtsfeld des Mikroskopes bewegen, bewegt sich auch das Bild der Lichtscheibchen. Auf der Aufnahmeplatte entsteht deshalb eine Serie von Paaren gerader und paralleler Spuren, und bei modulierter Beleuchtung Paare punktierter Linien. Sind Vergrößerung, Neigung des Luftstromes zur Mikroskopachse und Modulationsfrequenz der Lichtquelle bekannt, so erlaubt der Abstand zweier aufeinanderfolgender Punkte jeder Linie, die Geschwindigkeit des Luftstromes zu bestimmen. Bei bekannter Belichtungsdauer der Aufnahme ergibt sich aus der Zahl der Spuren im vorher bestimmten Gesichtsfeld die Größenverteilung des Nebels.